

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-116214

(43)Date of publication of application : 07.05.1996

(51)Int.Cl.

H03B 5/32

G06F 1/02

G06G 7/16

(21)Application number : 06-251018

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 17.10.1994

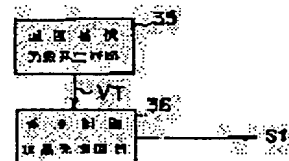
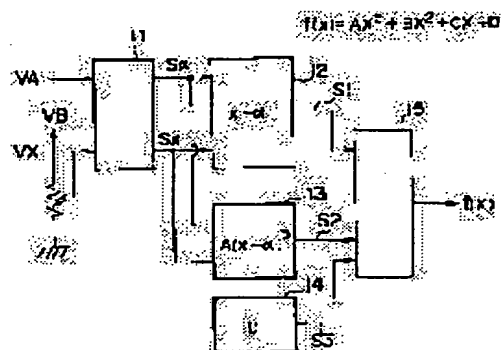
(72)Inventor : NISHIMORI EIJI
TSUCHIYA CHIKARA

(54) FUNCTION GENERATOR AND OSCILLATION CIRCUIT WITH TEMPERATURE COMPENSATION

(57)Abstract:

PURPOSE: To allow a generating circuit generating a signal proportional to a cubic or higher degree function in the function generator and the oscillation circuit with temperature compensation to generate a voltage changing with respect to a temperature in a way of the higher degree function thereby attaining desired temperature correction.

CONSTITUTION: The function generator generating signals $S\alpha$, Sx proportional to a higher degree function $f(x)$ represented by a polynomial $f(x)=A(x-\alpha)^n+\beta(x-\alpha)+\gamma=Ax^n+Bx^{n-1}+Cx+D$ is provided with a variable generating section 11 that generates a main variable signal $S\alpha$ proportional to a main variable α and an unknown signal Sx proportional to an unknown number (x) based on a voltage VA proportional to an absolute temperature and a voltage VX deciding a center point of the main variable α . The oscillation circuit is provided with a temperature compensation function generating circuit 35 generating a voltage proportional to a cubic function $f(x)$ and a crystal oscillation circuit 36 generating a signal of a desired frequency based on the voltage proportional to the cubic function $f(x)$, and the circuit 35 is made up of a cubic function generator.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-116214

(43) 公開日 平成8年(1996)5月7日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 3 B 5/32

A

G 0 6 F 1/02

G 0 6 G 7/16

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平6-251018

(22) 出願日 平成6年(1994)10月17日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 西森 英二

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72) 発明者 土屋 主税

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 岡本 啓三

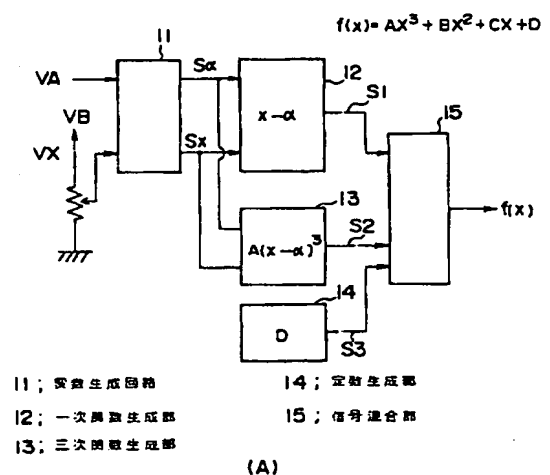
(54) 【発明の名称】 関数発生装置及び温度補償付き発振回路

(57) 【要約】

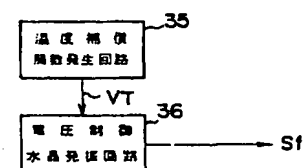
【目的】 関数発生装置及び温度補償付き発振回路に関し、三次もしくはこれ以上の高次関数に比例する信号の発生回路を工夫して、温度に対し、これら高次関数により変化する電圧を発生して所望の温度補正をする。

【構成】 多項式、 $f(x) = A(x-\alpha)^n \cdots + \beta(x-\alpha) + \gamma = Ax^n + Bx^{n-1} \cdots + Cx + D$ により表される高次関数 $f(x)$ に比例する信号 S_α 、 S_x を発生する関数発生装置において、絶対温度に比例する電圧 V_A と主変数 α の中心点を決定する電圧 V_X とに基づいて主変数 α に比例する主変数信号 S_α 及び未知数 x に比例する未知数信号 S_x を生成する変数生成部 11 を備える。発振回路は、三次関数 $f(x)$ に比例する電圧を発生する温度補償関数発生回路 35 と、三次関数 f

(x) に比例する電圧に基づいて所望周波数の信号を発振する水晶発振回路 36 とを備え、回路 35 が本発明の三次関数発生装置から成る。



(A)



(B)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 多項式により表される高次関数に比例する信号を発生する関数発生装置において、絶対温度に比例する電圧と前記多項式の主変数の中心点を決定する基準電圧とに基づいて両電圧の差分信号を生成する変数生成部を備え、前記主変数の中心点を可変することを特徴とする関数発生装置。

【請求項2】 少なくとも、前記変数生成部からの差分信号に基づいて一次関数に比例する一次信号を生成する利得調整回路と、前記変数生成部からの差分信号に基づいて二次関数に比例する二次信号を生成する第1の乗算器と、前記変数生成部からの差分信号と前記第1の乗算器からの二次信号とに基づいて三次関数に比例する三次信号を生成する第2の乗算器と、前記多項式の定数に比例する0次信号を発生する定数生成部と、前記利得調整回路からの一次信号と、前記第1の乗算器からの二次信号及び前記第2の乗算器からの三次信号を利得調整した信号と、前記定数生成部からの0次信号を混合する混合器とが設けられることを特徴とする請求項1記載の関数発生装置。

【請求項3】 少なくとも、前記変数生成部からの差分信号に基づいて一次関数に比例する一次信号を生成する一次関数生成部と、前記変数生成部からの差分信号に基づいて三次関数に比例する三次信号を生成する三次関数生成部と、前記多項式の定数に比例する0次信号を発生する定数生成部と、前記一次関数生成部からの一次信号、前記三次関数生成部からの三次信号及び前記定数生成部からの0次信号を混合する混合器とが設けられることを特徴とする請求項1記載の関数発生装置。

【請求項4】 少なくとも、前記変数生成部からの差分信号に基づいて一次関数に比例する一次信号を生成する利得調整回路と、前記変数生成部からの差分信号に基づいて二次関数に比例する二次信号を生成する第1の乗算器と、前記第1の乗算器からの二次信号に基づいて四次関数に比例する四次信号を生成する第2の乗算器と、前記多項式の定数に比例する0次信号を発生する定数生成部と、前記利得調整回路からの一次信号と前記第1の乗算器からの二次信号及び前記第2の乗算器からの四次信号を利得調整した信号と前記定数生成部からの0次信号とを混合する混合器とが設けられることを特徴とする請求項1記載の関数発生装置。

【請求項5】 三次関数に比例する電圧を発生する温度補償関数発生回路と、前記三次関数に比例する電圧に基づいて所望周波数の信号を発振する水晶発振回路とを備え、前記温度補償関数発生回路が請求項1、2及び3記載のいずれかの関数発生装置から成ることを特徴とする温度補償付き発振回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、関数発生装置及び温度

2

補償付き発振回路に関するものであり、更に詳しく言えば、水晶振動子を用いた発振回路の温度補償関数を発生する装置の改善に関するものである。近年、情報伝達の高速度の要求に伴い携帯用無線機器が普及され、常温時はもとより、熱帯地及び寒冷地等の様々な環境条件下において安定した交信動作が要求される。無線機器の復調や変調処理等には、安定化した周波数信号が必要である。

【0002】 このような周波数信号は、水晶振動子を用いた温度補償発振回路により発生されるが、水晶発振器の温度変化に対する周波数変動を抑制するための様々な方式が考案されている。この温度変化に対する周波数変動の補償回路は、水晶振動子の周波数-温度変動特性がほぼ三次関数となることから、これに比例した補正回路が要求される。なお、サーミスタ、抵抗及び容量等を利用して、近似的に三次関数に近似した温度補正をする方法があるが回路調整が難しい。

【0003】 そこで、三次もしくはこれ以上の高次関数に比例する信号の発生回路を工夫して、温度に対し、これら高次関数により変化する電圧を発生して所望の温度補正をすることができる回路及び応用回路が望まれている。

【0004】

【従来の技術】 図9、10は、従来例に係る説明図である。図9は、従来例に係る温度補償付き水晶発振回路の構成図であり、図10(A)は、その温度対周波数特性図であり、図10(B)は、その補正特性図をそれぞれ示している。例えば、United States Patent. 4,254,382に見られるような温度補償付き水晶発振回路は図9に示すように、温度補償回路6及び水晶発振回路9を備える。

【0005】 温度補償回路6は温度センサ1、低温域補正回路2、中温域補正回路3、高温域補正回路4及びI-V変換回路5から成り、水晶発振回路9は回路定数となる抵抗R、容量C、可変容量ダイオード7及び水晶振動子8を有する。温度補償回路6の機能は、図10(A)に示すような三次関数により表現される水晶発振回路9の温度対周波数特性を図10(B)に示すような3本の直線により表現される温度対周波数補正特性により補正するものである。なお、図10(A)、(B)において、縦軸は周波数f Hzであり、横軸は温度T°Cをそれぞれ示している。

【0006】 すなわち、環境温度が温度センサ1により検出されると、温度検出信号S1が低温域補正回路2、中温域補正回路3及び高温域補正回路4にそれぞれ出力される。この信号S1は低温域補正回路2により、基準電圧VREFと比較され、所望の温度依存性の低温域補正信号S2がI-V変換回路5に出力される。同様に、中温域補正回路3では信号S1と基準電圧VREFとが比較され、中温域補正信号S3がI-V変換回路5に出力され、高温域補正回路4では信号S1と基準電圧VREFと

が比較され、高温域補正信号 S 4 が I-V 変換回路 5 に出力される。

【0007】I-V 変換回路 5 では、各信号 S 2～S 4 が加算され、この加算信号が電圧電圧変換される。変換された電圧は回路定数 R、C で平滑され、この温度依存性を有する電圧 V T が可変容量ダイオード 7 及び水晶振動子 8 に印加される。これにより、ダイオード 7 では環境温度変動を打ち消すような電圧 V T によって自己容量が変化し、これに基づいて水晶振動子 8 から周波数 f の信号 S f が出力される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来例によれば、低・中・高温域毎に温度補正回路 2～4 を割当て、図 10 (B) に示すような温度対周波数補正特性により、図 10 (A) に示すような水晶発振回路 9 の温度対周波数特性を近似しているため、各温度域の周波数変動を個別に補正するようになり、図 10 (B) に示すような 3 つの補正特性直線の変化点④、⑤の温度補正が直線部分の補正特性に比べて劣ることとなる。

【0009】すなわち、図 10 (B) において、補正特性直線①は低温域補正回路 2 の温度一周波数補正特性であり、補正特性直線②は中温域補正回路 3 の温度一周波数補正特性であり、補正特性直線③は高温域補正回路 4 の温度一周波数補正特性をそれぞれ示している。変化点④は図 10 (A) に示すような三次関数で表される温度対周波数特性の低・中温域での周波数最大点であり、変化点⑤は同様に、中・高温域での周波数最小点をそれぞれ示している。

【0010】これにより、補正特性直線①と補正特性直線②との間及び補正特性直線②と補正特性直線③との間の温度領域に対する電圧 V T を出力することができず、低・中・高温域全体を通した円滑な温度補償が困難となるという問題がある。また、サーミスタ、抵抗及び容量等のネットワークを構成し、温度に対して容量が変化して見える現象を利用して、三次関数に近似的した形で、容量を変化させ、所望の温度対周波数特性を得る方法もある。しかし、サーミスタや容量等の非線形素子を扱うため、一意的な素子調整が困難となる。これにより、精度良くかつ信頼性の良い温度補償をする妨げとなる。

【0011】本発明は、かかる従来例の問題点を鑑み創作されたものであり、三次もしくはこれ以上の高次関数に比例する信号の発生回路を工夫して、温度に対し、三次関数又はより高次の多項式関数により変化する電圧を発生して所望の温度補正をすることが可能となる関数発生装置及び温度補償付き発振回路の提供を目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】図 1 (A)、(B) は、本発明に係る関数発生装置及び温度補償付き発振回路の原理図であり、図 2～6 はその実施例をそれぞれ示している。本発明の関数発生装置は、定数 A、B、C、D、

β, γ, \dots , 温度信号 x , 主変数 (以下基準値という) α としたときに、多項式

$$f(x) = A(x - \alpha)^n + \beta(x - \alpha) + \gamma \\ = Ax^n + Bx^{n-1} + Cx^{n-2} + D \dots$$

により表される高次関数 $f(x)$ に比例する信号を発生する関数発生装置において、図 1 (A) に示すように、絶対温度に比例する電圧 V A と前記基準値 α を決定する電圧 V X とに基づいて両電圧 V A、V X の差信号を生成する変数生成部 11 を備え、前記基準値 α を決定する電圧 V X を可変することを特徴とする。

10

【0013】本発明の第 1 の三次関数発生装置は、その実施例を図 2 に示すように、少なくとも、前記変数生成部 11 からの差分信号 S α 及び S x に基づいて一次関数 C x に比例する一次信号 S 1 を生成する利得調整回路 21 と、前記変数生成部 11 からの差分信号 S α 及び S x に基づいて二次関数 B x^2 に比例する二次信号 S 2 を生成する第 1 の乗算器 22 と、前記変数生成部 11 からの差分信号 S α 及び S x と前記第 1 の乗算器 22 からの二次信号 S 2 とに基づいて三次関数 A x^3 に比例する三次信号 S 3 を生成する第 2 の乗算器 23 と、前記多項式の定数 D に比例する 0 次信号を発生する定数生成部 24 と、前記利得調整回路 21 からの一次信号 S 1 と、前記第 1 の乗算器 22 からの二次信号 S 2 及び前記第 2 の乗算器 23 からの三次信号 S 3 を利得調整した信号と、前記定数生成部 24 からの 0 次信号 S 0 とを混合する混合器 25 とが設けられることを特徴とする。

20

【0014】本発明の第 2 の三次関数発生装置は、図 1 (A) に示すように、少なくとも、前記変数生成部 11 からの差分信号 S α 及び S x に基づいて一次関数 $(x - \alpha)$ に比例する一次信号 S 1 を生成する一次関数生成部 12 と、前記変数生成部 11 からの差分信号 S α 及び S x に基づいて三次関数 A $(x - \alpha)^3$ に比例する三次信号 S 3 を生成する三次関数生成部 13 と、前記多項式の定数 D に比例する 0 次信号 S 0 を発生する定数生成部 14 と、前記一次関数生成部 12 からの一次信号 S 1、前記三次関数生成部 13 からの三次信号 S 3 及び前記定数生成部 14 からの 0 次信号 S 0 とを混合する信号混合部 15 とが設けられることを特徴とする。

30

【0015】本発明の四次関数発生装置は、その実施例を図 7 に示すように、少なくとも、前記変数生成部 11 からの差分信号 S α 及び S x に基づいて一次関数 $\gamma(x - \alpha)$ に比例する一次信号 S 1 を生成する利得調整回路 30 と、前記変数生成部 11 からの差分信号 S α 及び S x に基づいて二次関数 $\beta(x - \alpha)^2$ に比例する二次信号 S 2 を生成する第 1 の乗算器 31 と、前記第 1 の乗算器 31 からの二次信号 S 2 に基づいて四次関数 A $(x - \alpha)^4$ に比例する四次信号 S 4 を生成する第 2 の乗算器 32 と、前記多項式の定数 δ に比例する 0 次信号 S 0 を発生する定数生成部 33 と、前記利得調整回路 30 からの一次信号 S 1 と前記第 1 の乗算器 31 からの二次信号

40

50

S 2 及び前記第 2 の乗算器 3 2 からの三次信号 S 3 を利得調整した信号と前記定数生成部 3 3 からの 0 次信号 S 0 とを混合する混合器 3 4 とが設けられることを特徴とする。

【0016】ここで、目標四次関数 $f(x)$ は、

$$f(x) = Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E$$

$$= A(x-\alpha)^4 + \beta(x-\alpha)^2 + \gamma(x-\alpha) + \delta$$
 とする。本発明の温度補償付き発振回路は、図 1 (B) に示すように、三次関数 $f(x)$ に比例する電圧を発生する温度補償関数発生回路 3 5 と、前記三次関数 f

(x) に比例する電圧に基づいて所望周波数の信号を発振する水晶発振回路 3 6 とを備え、前記温度補償関数発生回路 3 5 が本発明の三次関数発生装置のいずれかから成ることを特徴とし、上記目的を達成する。

【0017】

【作 用】本発明の関数発生装置によれば、図 1 (A) において、絶対温度に比例する電圧 V_A と基準値 α を決定する電圧 V_X が変数生成部 1 1 に供給されると、これに基づいて差分信号 S_α 及び S_x が生成されるため、変数生成部 1 1 からの信号シフト量 $(x-\alpha)$ に応じて、関数発生部では、 $(n-1)$ 次関数や、それ以下の次数関数に比例した信号を発生することが可能となり、多項式 $f(x) = A(x-\alpha)^n + \beta(x-\alpha) + \gamma = Ax^n + Bx^{n-1} + \dots + Cx + D$ により表される高次関数 $f(x)$ に比例する信号を発生することができる。

【0018】次に、図 2 を参照しながら、本発明の第 1 の三次関数発生装置の動作を説明する。図 2 において、変数生成部 1 1 からの差分信号 S_α 及び S_x が利得調整回路 2 1 に供給されると、当該回路 2 1 では、これに基づいて一次関数 Cx に比例する一次信号 S_1 が生成され、この信号 S_1 は利得調整回路 2 1 から混合器 2 5 に出力される。

【0019】また、変数生成部 1 1 からの差分信号 S_α 及び S_x が第 1 の乗算器 2 2 に供給されると、当該乗算器 2 2 では、これに基づいて二次関数 Bx^2 に比例する二次信号 S_2 が生成され、その後、利得調整された信号 S_2 が混合器 2 5 に出力される。さらに、変数生成部 1 1 からの差分信号 S_α 及び S_x と第 1 の乗算器 2 2 からの二次信号 S_2 とが第 2 の乗算器 2 3 に供給されると、これらに基づいて三次関数 Ax^3 に比例する三次信号 S_3 が生成され、その後、利得調整された信号 S_3 が混合器 2 5 に出力される。多項式の定数 D に比例する 0 次信号は定数生成部 2 4 から混合器 2 5 に出力される。これら一次信号 S_1 と、二次信号 S_2 及び三次信号 S_3 を利得調整した信号と、0 次信号 S_0 とが混合器 2 5 により混合される。

【0020】この結果、変数生成部 1 1 からの温度依存性のある差分信号 S_α 及び S_x に基づいて、多項式 $f(x) = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$ により表される三次関数 $f(x)$ に比例する信号を発生することができる。

これにより、当該三次関数発生装置を水晶発振回路の温度補償回路に応用することが可能となる。

【0021】本発明の第 2 の三次関数発生装置の動作を説明する。図 1 (A) において、変数生成部 1 1 からの差分信号 S_α 及び S_x が、一次関数生成部 1 2 に供給されると、当該生成部 1 2 では、これに基づいて一次関数 $(x-\alpha)$ に比例する一次信号 S_1 が生成され、この信号 S_1 が一次関数生成部 1 2 から信号混合部 1 5 に出力される。

【0022】また、変数生成部 1 1 からの差分信号 S_α 及び S_x が三次関数生成部 1 3 に供給されると、当該生成部 1 3 では、これに基づいて三次関数 $A(x-\alpha)^3$ に比例する三次信号 S_3 が生成され、この信号 S_3 が三次関数生成部 1 3 から信号混合部 1 5 に出力される。多項式の定数 D に比例する 0 次信号 S_0 は定数生成部 1 4 から信号混合部 1 5 に出力される。これら一次信号 S_1 、三次信号 S_3 及び 0 次信号 S_0 が信号混合部 1 5 により混合される。

【0023】この結果、変数生成部 1 1 からの温度に比例した差分信号 S_α 及び S_x に基づいて、多項式 $f(x) = A(x-\alpha)^3 + \beta(x-\alpha) + \gamma = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$ により表される三次関数 $f(x)$ に比例する信号を発生することができる。また、第 2 の三次関数発生装置では、第 1 の三次関数発生装置では必要であった二次信号 S_2 を生成する第 1 の乗算器 2 2 が不要となり、回路規模の縮小化を図ることが可能となる。

【0024】これにより、第 1 の三次関数発生装置と同様に第 2 の三次関数発生装置を水晶発振回路の温度補償回路に応用することが可能となる。次に、図 7 を参照しながら、本発明の四次関数発生装置の動作を説明する。図 7 において、変数生成部 1 1 からの差分信号 S_α 及び S_x が利得調整回路 3 0 に供給されると、当該調整回路 3 0 では、これに基づいて一次関数 Dx に比例する一次信号 S_1 が生成され、この信号 S_1 が利得調整回路 3 0 から混合器 3 4 に出力される。

【0025】また、変数生成部 1 1 からの差分信号 S_α 及び S_x が第 1 の乗算器 3 1 に供給されると、当該乗算器 3 2 では、これに基づいて二次関数 Cx^2 に比例する二次信号 S_2 が生成され、この信号 S_2 が一方では第 2 の乗算器 3 2 に出力される。他方では利得調整されて信号 S_2 が混合器 3 4 に出力される。第 1 の乗算器 3 1 からの二次信号 S_2 が第 2 の乗算器 3 2 に供給されると、当該乗算器 3 2 では、これに基づいて四次関数 Ax^4 に比例する四次信号 S_4 が生成され、この信号 S_4 が利得調整されて混合器 3 4 に出力される。多項式の定数 E に比例する 0 次信号 S_0 は定数生成部 3 3 から混合器 3 4 に出力される。

【0026】これら一次信号 S_1 、二次信号 S_2 、四次信号 S_4 及び 0 次信号 S_0 が信号混合部 3 4 により混合される。この結果、変数生成部 1 1 からの差分信号 S_α

及び S_x に基づいて、多項式 $f(x) = Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E$ により表される四次関数 $f(x)$ に比例する信号を発生することができる。

【0027】これにより、三次信号 S_3 を生成する三次関数発生部を設けることなく、二次信号 S_2 を生成する2つの二次関数発生部を縦続接続するのみで、簡単に四次関数発生装置を構成することが可能となる。次に、図1(A)及び(B)を参照しながら、本発明の温度補償付き発振回路の動作を説明する。図1(B)において、例えば、本発明の第2の三次関数発生装置から成る温度補償関数発生回路35により、温度依存性のある三次関数 $f(x)$ に比例する電圧が発生されると、その電圧に基づいて所望周波数の信号が電圧制御水晶発振回路36により発振される。

【0028】従って、水晶発振回路36が置かれている温度環境下での周波数変動を温度補償関数発生回路35により円滑かつ精度良く補償することが可能となる。これにより、無線機器等の復調回路や変調回路に安定化した周波数信号を供給することができる。

【0029】

【実施例】次に図を参照しながら本発明の実施例について説明をする。図2～8は、本発明の各実施例に係る関数発生装置及び温度補償付き発振回路の説明図である。

(1) 第1の実施例の説明

図2は、本発明の第1の実施例に係る三次関数発生装置の構成図であり、図3は、各実施例に係る変数生成部の回路図をそれぞれ示している。

【0030】例えば、三次関数 $f(x)$ に比例する信号を発生する関数発生装置は、図1(A)に示すように、変数生成部11、利得調整回路21、22A、23A、乗算器22、23、定数生成部24及び混合器25から成る。三次関数 $f(x)$ は、定数 A 、 B 、 C 、 D 、 β 、 γ 、温度信号 x 、基準値 α としたときに、多項式 $f(x) = A(x - \alpha)^3 + \beta(x - \alpha) + \gamma = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$ により表されるものである。

【0031】すなわち、変数生成部11は、絶対温度に比例する電圧 V_A と基準値 α を決定する電圧 V_X とに基づいて差分信号 S_α 及び S_x を生成する回路である。変数生成部11は図3に示すように、入力回路101、分圧回路102、第1の差分出力回路103、第2の差分出力回路104及びカレントミラー回路105、106から成る。入力回路101は6個の抵抗 $R_1 \sim R_6$ と、3個の pnp 型のバイポーラトランジスタ $T_1 \sim T_3$ と、2個の nnp 型のバイポーラトランジスタ T_4 、 T_5 から成り、環境温度に比例するバンドギャップ電圧 V_B に基づいて絶対温度に比例する電圧 V_A を発生し、この電圧 V_A を差分出力回路103及び104に出力する。なお、各抵抗 $R_1 \sim R_6$ 及びトランジスタ $T_1 \sim T_5$ の接続方法は図3を参照されたい。

【0032】分圧回路102は抵抗 R_7 及び R_8 から成

り、バンドギャップ電圧 V_B を抵抗分割した基準値 α を決める電圧 V_X を差分出力回路103に出力する。なお、抵抗 R_8 に可変抵抗器を用いて電圧 V_X を可変しても良い。第1の差分出力回路103は抵抗 R_9 、 R_{10} 、 R_{18} 、オペアンプ OP_1 及びバイポーラトランジスタ Q_0 から成り、絶対温度に比例する電圧 V_A 及び主変数の中心点を決める電圧 V_X とを入力して未知数に比例する電流 I_x をカレントミラー回路105に出力する。

【0033】第2の差分出力回路104は、抵抗 R_{11} 、 nnp 型のバイポーラトランジスタ T_6 及びオペアンプ OP_2 から成り、絶対温度に比例する電圧 V_A 及び抵抗 R_{11} の一端から出力される基準電流 V_R とを入力して基準値 α に比例する電圧 V_α をカレントミラー回路106に出力する。カレントミラー回路105は、2個の抵抗 R_{12} 、 R_{13} 及び2個の pnp 型のバイポーラトランジスタ T_7 、 T_8 から成る。当該回路105は、電流 I_x により差分信号 S_x を発生する。同様に、カレントミラー回路106は2個の抵抗 R_{14} 、 R_{15} 及び2個の pnp 型のバイポーラトランジスタ T_9 、 T_{10} から成る。当該回路106は、電流 I_α より差分信号 S_α を発生する。

【0034】また、図2において、利得調整回路21は変数生成部11からの差分信号 S_α 及び S_x に基づいて一次関数 Cx に比例する一次信号 S_1 を生成し、この信号 S_1 を混合器25に出力する。第1の乗算器22は変数生成部11からの差分信号 S_α 及び S_x に基づいて二次関数 Bx^2 に比例する二次信号 S_2 を生成し、この信号 S_1 を利得調整回路22Aに出力する。

【0035】第2の乗算器23は、変数生成部11からの差分信号 S_α 及び S_x と第1の乗算器22からの二次信号 S_2 とに基づいて三次関数 Ax^3 に比例する三次信号 S_3 を生成し、この信号 S_3 を利得調整回路22Aに出力する。定数生成部24は基準電圧源から成り、多項式の定数 D に比例する0次信号を発生し、この信号 S_0 を混合器25に出力する。

【0036】利得調整回路22Aは二次信号 S_2 を利得調整した後、この二次信号 S_{22} を混合器25に出力する。同様に、利得調整回路23Aは三次信号 S_3 を利得調整した後、この三次信号 S_{33} を混合器25に出力する。混合器25は、利得調整回路21からの一次信号 S_1 と利得調整回路22Aからの二次信号 S_{22} と利得調整回路23Aからの三次信号 S_{33} と定数生成部24からの0次信号 S_0 とを混合し三次関数に比例する信号 $f(x)$ を出力する。

【0037】このような構成により、例えば、図3において、絶対温度に比例する電圧 V_A と基準値 α を決定する電圧 V_X が変数生成部11に供給されると、これに基づいて差分信号 S_α 及び S_x が生成される。このようにして、本発明の第1の実施例に係る三次関数発生装置によれば、その実施例を図2に示すように、変数生成部11、利得調整回路21、第1、第2の乗算器22、2

3. 定数生成部 24 及び混合器 25 を備え、変数生成部 11 が、絶対温度に比例する電圧 V_A と基準値 α を決定する電圧 V_X に基づいて差分信号 S_α 及び S_x を生成するため、変数生成部 11 からの温度依存性のある差分信号 S_α 及び S_x に基づいて、多項式 $f(x) = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$ により表される三次関数 $f(x)$ に比例する信号を発生することができる。

【0038】また、変数生成部 11 で基準値 α を決定する電圧 V_X を抵抗 R_8 で可変することにより、関数発生回路 23 に対して、差分信号 S_α をシフト供給することができる。これにより、当該三次関数発生装置を水晶発振回路の温度補償回路に応用することが可能となる。

【0039】(2) 第 2 の実施例の説明

図 4 は、本発明の第 2 の実施例に係る三次関数発生装置の構成図であり、図 5 は、その変数生成部及びその周辺回路図である。図 6 は、その 3 次関数発生器及びその周辺回路図をそれぞれ示している。第 2 の実施例では第 1 の実施例に比べて、回路縮小化を図るものである。

【0040】すなわち、本発明の第 2 の三次関数発生回路は、図 4 に示すように、変数生成部 100、利得調整回路 26、27A、3 次関数発生器 27、定数生成部 28 及び混合器 29 を備える。変数生成部 100 は図 3 に示した変数生成部 11 に、図 5 に示すような起動回路 107 と、アンプ 108 と、一次関数発生回路 12 とを付加したものである。図 5 において、起動回路 107 は 2 個の抵抗 R_{16} 、 R_{17} と、5 個の npn 型のバイポーラトランジスタ $T_{11} \sim T_{15}$ と、容量 C から成り、電源 ON 動作と共に、環境温度に比例するバンドギャップ電圧 V_B を先に説明した分圧回路 102 に供給する。なお、各抵抗 R_{16} 、 R_{17} 、トランジスタ $T_{11} \sim T_{15}$ 及び容量 C の接続方法は図 5 を参照されたい。

【0041】アンプ 108 はオペアンプ OP1 の出力電圧を増幅し、増幅された基準信号 x に比例する電流 I_x をカレントミラー回路 105 に出力するものである。一次関数発生回路 12 はカレントミラー回路 105 及び 106 からの差分信号 S_x 及び差分信号 S_α をカレントミラー（電流複写）した一次関数 $(x - \alpha)$ に比例する信号（以下一次信号という） S_1 を発生し、この信号 S_1 を利得調整回路 26 に出力する。

【0042】利得調整回路 26 は図 6 において、オペアンプ OP4 及び 2 個の抵抗 R_{716} 、 R_{717} から成り、一次関数信号 S_1 を利得調整した後の信号を混合器 29 に出力する。3 次関数発生器 27 は図 1 の三次関数生成部 13 の一例であり、本発明の特許出願人が先に出願（特願平 6-139020）した関数発生器を使用する。当該発生器 27 は、15 個の抵抗 $R_{71} \sim R_{715}$ と、22 個の npn 型のバイポーラトランジスタ $T_{71} \sim T_{720}$ 、 T_{725} 、 T_{726} と、4 個の pnp 型のバイポーラトランジスタ $T_{721} \sim T_{724}$ と、4 個の電流電圧変換ダイオード $D_1 \sim D_4$ から成り、変数生成部 100 からの差分信号 S

α 及び S_x に基づいて三次関数 $A(x - \alpha)^3$ に比例する三次信号 S_3 を生成し、この信号 S_3 を利得調整回路 27A に出力する。なお、各抵抗 $R_{71} \sim R_{715}$ と、トランジスタ $T_{71} \sim T_{726}$ 、ダイオード $D_1 \sim D_4$ の接続方法は図 6 を参照されたい。

【0043】この発生器 27 では、下段の 4 個のトランジスタ $T_{79} \sim T_{712}$ によって構成される 2 つの差動増幅回路により、 $A(x - \alpha)^3$ の中の二次関数成分の信号を発生し、その上段の 8 個のトランジスタ $T_{713} \sim T_{720}$ によって構成される 4 つの差動増幅回路により、 $A(x - \alpha)^3$ の中の三次関数成分の信号を発生する。利得調整回路 27A は、オペアンプ OP5、基準電圧源 E_1 及び 2 個の抵抗 R_{718} 、 R_{719} から成り、三次関数信号 S_3 を利得調整した後の信号を混合器 29 に出力する。定数生成部 28 は図 1 の定数生成部 14 の一例であり、基準電圧可変源 E_2 及び抵抗 R_{719} から成り、多項式の定数 D に比例する 0 次信号 S_0 を発生する。

【0044】混合器 29 は図 1 の信号混合部 15 の一例であり、利得調整された 2 つの信号 S_1 、 S_3 及び定数生成部 28 からの 0 次信号 S_0 を混合し、多項式 $f(x) = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$ により表される三次関数 $f(x)$ に比例する信号を出力する。次に、本発明の第 2 の実施例に係る三次関数発生装置の動作を説明する。例えば、図 5 において、変数生成部 100 で起動回路 107 の電源 ON 動作によって、バンドギャップ電圧 V_B が発生し、2 つのカレントミラー回路 105、106 から差分信号 S_α 及び S_x が発生され、それが一次関数生成部 12 に供給されると、当該生成部 12 では、これに基づいて一次関数 $(x - \alpha)$ に比例する一次信号 S_1 が生成され、この信号 S_1 が一次関数生成部 12 から利得調整回路 26 に出力される。

【0045】また、変数生成部 100 からの差分信号 S_α 及び S_x が三次関数発生器 27 に供給されると、当該発生器 27 では、これに基づいて三次関数 $A(x - \alpha)^3$ に比例する三次信号 S_3 が生成され、この信号 S_3 が三次関数発生器 27 から利得調整回路 27A に出力される。また、多項式の定数 D に関係した δ に比例する 0 次信号 S_0 は定数生成部 28 から混合器 29 に出力される。ここで、定数 D と δ の関係は、多項式、

$$f(x) = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$$

$$= A(x - \alpha)^3 + \beta(x - \alpha) + \gamma$$

として、 $-3A\alpha^3 - \alpha\beta + \gamma = D$ となるものである。

【0046】これら利得調整された 2 つの信号 S_1 、 S_3 及び定数生成部 28 からの 0 次信号 S_0 が混合器 29 により混合され、多項式 $f(x) = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D = A(x - \alpha)^3 + \beta(x - \alpha) + \gamma$ により表される三次関数 $f(x)$ に比例する信号が出力される。ここで、 $\alpha = B/A$ 、 $\beta = C - 3A\alpha^2$ 、 $\gamma = D + 3A\alpha^3 + \alpha\beta$ である。

【0047】このようにして本発明の第 2 の実施例に係

る三次関数発生装置によれば、図4に示すように変数生成部100、利得調整回路26、27A、3次関数発生器27、定数生成部28及び混合器29を備えるため、変数生成部100からの温度依存性のある差分信号 S_α 及び S_x に基づいて、多項式 $f(x) = A(x-\alpha)^3 + \beta(x-\alpha) + \gamma = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$ により表される三次関数 $f(x)$ に比例する信号を発生することができる。

【0048】また、第2の実施例では、第1の実施例では必要であった二次信号 S_2 を生成する乗算器22が不要となり、回路規模の縮小化を図ることが可能となる。すなわち、第1の実施例では変数生成部11と、4つの信号 S_1 、 S_{22} 、 S_{33} 及び S_0 を混合する混合器25と、3つの利得調整回路21、22A、23Aと、2つの乗算器22、23が必要であったが、第2の実施例では、乗算器22と、その利得調整回路22が不要となる。また、第1の実施例の混合器25では、その入力4本必要であるのに対して第2の実施例の混合器29では、1本削減されて3本になる。また、変数生成部100内にアンプ107や一次関数発生回路12が付加される。これは、第1の実施例でも必要なものであり、全体として回路規模を縮小すること、及び、調整箇所と誤差発生要因とを低減することが可能となる。

【0049】これにより、第1の実施例と同様に、第2の実施例の三次関数発生装置を水晶発振回路の温度補償回路に応用すること、及び、第1の実施例に比べて、低コストで精度の高い補償信号発生回路が提供される。

(3) 第3の実施例の説明

図7は、本発明の第3の実施例に係る四次関数発生装置の構成図を示している。第3の実施例では第1、第2の実施例と異なり、四次関数 $f(x) = Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E = A(x-\alpha)^4 + \beta(x-\alpha)^2 + \gamma(x-\alpha) + \delta$ に比例する信号を発生回路を構成するものである。

【0050】本発明の四次関数発生装置は、図7に示すように、変数生成部11、利得調整回路30、乗算器31、32、利得調整回路31A、32A、定数生成部33及び混合器34を備える。利得調整回路30は、変数生成部11からの差分信号 S_α 及び S_x に基づいて一次関数 $\gamma(x-\alpha)$ に比例する一次信号 S_1 を生成し、この信号 S_1 を混合器34に出力する。乗算器31は、変数生成部11からの差分信号 S_α 及び S_x に基づいて二次関数 $\beta(x-\alpha)^2$ に比例する二次信号 S_2 を生成し、この信号 S_2 を利得調整回路31A及び乗算器32にそれぞれ出力する。

【0051】乗算器32は、乗算器31からの二次信号 S_2 に基づいて四次関数 $A(x-\alpha)^4$ に比例する四次信号 S_4 を生成し、この信号 S_4 を利得調整回路32Aに出力する。利得調整回路31Aは二次信号 S_2 を利得調整した後の信号 S_{22} を混合器34に出力する。利得調整回

路32Aは四次信号 S_4 を利得調整した後の信号 S_{44} を混合器34に出力する。

【0052】定数生成部33は、第2の多項式の定数 δ に比例する0次信号 S_0 を発生し、この信号 S_0 を混合器34に出力する。混合器34は、利得調整回路30からの一次信号 S_1 、利得調整回路31Aからの二次信号 S_{22} 、利得調整回路32Aからの四次信号 S_{44} 及び定数生成部33からの0次信号 S_0 を混合し、四次関数 $f(x) = Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E$ に比例する信号を出力する。

【0053】次に、本発明の第3の実施例に係る四次関数発生装置の動作を説明する。図7において、変数生成部11からの差分信号 S_α 及び S_x が利得調整回路30に供給されると、当該調整回路30では、これに基づいて一次関数 Cx に比例する一次信号 S_1 が生成され、この信号 S_1 が利得調整回路30から混合器34に出力される。

【0054】また、変数生成部11からの差分信号 S_α 及び S_x が乗算器31に供給されると、当該乗算器31では、これに基づいて二次関数 Cx^2 に比例する二次信号 S_2 が生成され、この信号 S_2 が一方では乗算器32に出力される。他方では利得調整され、この信号 S_{22} が混合器34に出力される。乗算器31からの二次信号 S_2 は乗算器32に供給されると、当該乗算器32では、これに基づいて四次関数 Ax^4 に比例する四次信号 S_4 が生成され、この信号 S_4 が利得調整され、この信号 S_{44} が混合器34に出力される。多項式の定数 E に比例する0次信号 S_0 は定数生成部33から混合器34に出力される。

【0055】これら一次信号 S_1 、二次信号 S_{22} 、四次信号 S_{44} 及び0次信号 S_0 が信号混合部34により混合され、四次関数 $f(x) = Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E$ に比例する信号が出力される。ここで、 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 α 、 β 、 γ 、 δ の関係は、 $\beta = -4A\alpha$ 、 $C = 6A\alpha^2 + \beta$ 、 $D = -4A\alpha - 2\alpha\beta + \gamma$ 、 $E = A\alpha^4 + \alpha^2\beta - \alpha\gamma + \delta$ である。

【0056】このようにして本発明の第3の実施例に係る四次関数発生装置によれば、図7に示すように、変数生成部11に、利得調整回路30、第1、第2の乗算器31、32、定数生成部33及び混合器34が設けられる。このため、変数生成部11からの温度依存性のある差分信号 S_α 及び S_x に基づいて、多項式 $f(x) = Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E$ により表される四次関数 $f(x)$ に比例する信号を発生することができる。

【0057】これにより、三次信号 S_3 を生成する三次関数発生部を設けることなく、二次信号 S_2 を生成する2つの二次関数を発生する乗算器31、32を縦続接続するのみで、簡単に四次関数発生装置を構成することが可能となる。なお、5次以上の高次関数発生装置については、より高精度の各種補正信号を発生することができ

るが、回路規模が大きくなり、アナログ乗算器を用いた本発明の方式では、オフセット等の誤差が生じるため、あまり実用的ではない。

【0058】しかし、本発明の変数生成部11を用いることによって、最高次数より1次低い項の関数発生回路が不要になることは明らかであり、回路規模の削減化に効果がある。

(4) 第4の実施例の説明

図8は、本発明の第4の実施例に係る温度補償付き水晶発振回路の構成図を示している。第4の実施例では第1、第2の実施例の三次関数発生装置を水晶発振回路に接続して温度補償回路を構成するものである。

【0059】本発明の温度補償付き発振回路は、図8に示すように、温度補償関数発生回路35及び電圧制御水晶発振回路36を備える。温度補償関数発生回路35は、三次関数 $f(x)$ に比例する電圧 V_T を発生するものである。当該関数発生回路35には、例えば、第2の実施例に係る三次関数発生装置を用いる。第1の実施例に係る三次関数発生装置を用いても良い。

【0060】水晶発振回路36は、三次関数 $f(x)$ に相当する電圧 V_T に基づいて所望周波数の信号を発振する。水晶発振回路36は抵抗 R 、容量 C 、可変容量ダイオード7及び水晶振動子8を有する。容量 C はノイズ除去用であり、抵抗 R は可変容量ダイオード側からの容量成分が見えないように接続するものであり、抵抗 R を介して、電圧 V_T を可変容量ダイオード7及び水晶振動子8に印加する。

【0061】可変容量ダイオード7は電圧 V_T に基づいて水晶振動子8に自己容量を可変する。水晶振動子8は環境温度変化によって可変される電圧 V_T に基づいて所望の周波数信号 S_f を出力する。次に、図7を参照しながら、本発明の温度補償付き発振回路の動作を説明する。図7において、例えば、本発明の第2の実施例に係る三次関数発生装置から成る温度補償関数発生回路35により、温度依存性のある三次関数 $f(x)$ に比例する電圧 V_T が発生されると、その電圧 V_T に基づき温度に対して安定した所望周波数の信号 S_f が水晶発振回路36により発振される。

【0062】このようにして本発明の第4の実施例に係る温度補償付き発振回路によれば、図8に示すように、温度補償関数発生回路35及び水晶発振回路36を備え、当該関数発生回路35が本発明の三次関数発生装置のいずれかから成る。このため、温度補償関数発生回路35により、三次関数 $f(x) = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$ に比例する電圧 V_T により、水晶発振回路36が置かれている温度環境下での周波数変動を円滑に補正することが可能となる。すなわち、従来例のような補正特性直線①と補正特性直線②との間及び補正特性直線②と補正特性直線③との間の温度領域に対する電圧 V_T を連続的に出力することができ、周波数変化点も連続した補正

特性曲線が得られる。

【0063】これにより、低・中・高温域全体を通した円滑な温度対周波数補正特性が得られ、精度良くかつ信頼性の良い温度補償を行うことが可能となる。無線機器等の復調回路や変調回路に安定化した周波数信号が供給できる。また、小型で低コストな温度補償付き水晶発振回路が提供される。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の関数発生装置によれば、絶対温度に比例する電圧と主変数の中心点を決定する電圧とに基づいて主変数に比例する差分信号を生成する変数生成部が設けられるため、最も高い n 次数関数に比例した信号を発生する関数発生部に、温度依存性のある差分信号を当該変数生成部から供給することができる。

【0065】また、本発明の関数発生装置によれば、変数生成部で主変数の中心点を決定する電圧を可変するため、該関数発生部への入力信号をシフト供給することができる。このため、変数生成部からの信号シフト量に応じて関数発生部では、 $n-1$ 次数関数や、それ以下の低次数関数に比例した信号を発生することが可能となる。

【0066】本発明の第1の三次関数発生装置によれば、変数生成部に、利得調整回路、2つの乗算器、定数生成部及び混合器が設けられるため、変数生成部からの温度依存性のある差分信号に基づいて、多項式 $f(x) = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$ により表される三次関数 $f(x)$ に比例する信号を発生することができる。本発明の第2の三次関数発生装置によれば、変数生成部に、一次関数生成部、三次関数生成部、定数生成部及び信号混合部とが設けられるため、変数生成部からの温度依存性のある差分信号に基づいて、多項式 $f(x) = A(x-\alpha)^3 + \beta(x-\alpha) + \gamma = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$ により表される三次関数 $f(x)$ に比例する信号を発生することができる。また、第1の三次関数発生装置に比べ、回路規模の縮小化を図ることが可能となる。

【0067】本発明の四次関数発生装置によれば、変数生成部に、利得調整回路、2つの乗算器、定数生成部及び混合器が設けられるため、三次信号を生成する三次関数発生部を設けることなく、二次信号を生成する2つの二次関数発生部を縦続接続するのみで、変数生成部からの差分信号に基づいて、四次関数に比例する信号を簡単に発生すること、及び、その装置を簡単に構成することが可能となる。

【0068】本発明の温度補償付き発振回路によれば、温度補償関数発生回路及び水晶発振回路を備え、当該関数発生回路が本発明の第1又は第2の三次関数発生装置のいずれかから成るため、水晶発振回路が置かれている温度環境下での周波数変動を温度補償関数発生回路により円滑かつ精度良く補償することが可能となる。これにより、無線機器等の復調回路や変調回路に安定化した周

15

波数信号を供給することができる。温度補償付き水晶発振回路の小型化及び低コストに寄与するところが大きい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る関数発生装置及び温度補償付き発振回路の原理図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施例に係る三次関数発生装置の構成図である。

【図 3】本発明の各実施例に係る変数生成部の回路図である。

【図 4】本発明の第 2 の実施例に係る三次関数発生装置の構成図である。

【図 5】本発明の第 2 の実施例に係る変数生成部及びその周辺回路図である。

【図 6】本発明の第 2 の実施例に係る 3 次関数発生器及びその周辺回路図である。

【図 7】本発明の第 3 の実施例に係る四次関数発生装置の構成図である。

【図 8】本発明の第 4 の実施例に係る温度補償付き水晶

16

発振回路の構成図である。

【図 9】従来例に係る温度補償付き水晶発振回路の構成図である。

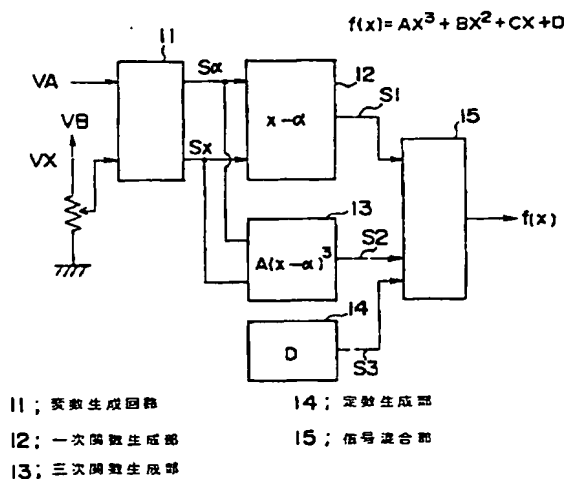
【図 10】従来例に係る問題点を説明する温度補償特性図である。

【符号の説明】

11, 100 …変数生成部、
12 …一次関数生成部、
13 …三次関数生成部、
14, 24, 28, 33 …定数生成部、
15 …信号混合部、
21, 22A, 23A, 26, 27A, 30, 31A, 32A …利得調整回路、
22, 23, 31, 32 …乗算器、
25, 29, 34 …混合器、
27 …3 次関数発生器、
35 …温度補償関数発生回路、
36 …電圧制御水晶発振回路。

10

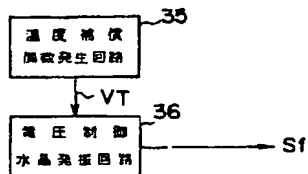
【図 1】



11; 変数生成回路
12; 一次関数生成部
13; 三次関数生成部

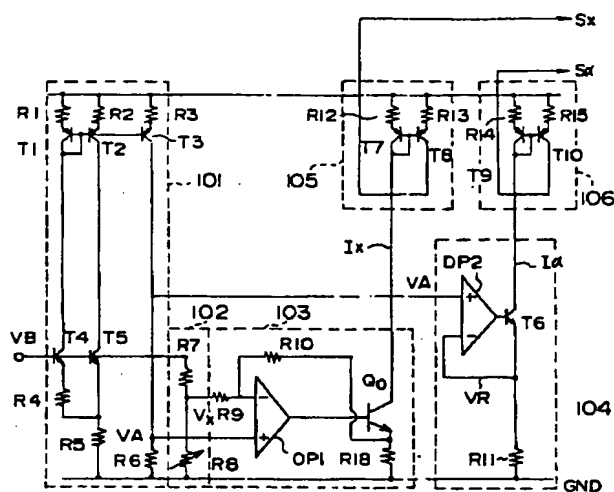
14; 定数生成部
15; 信号混合部

(A)



(B)

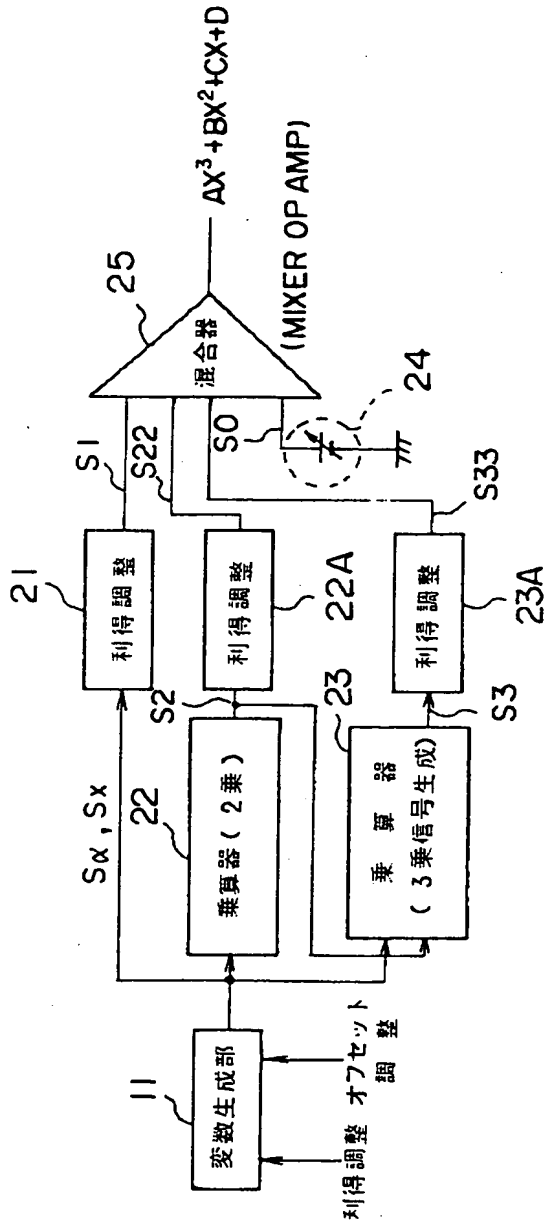
【図 3】



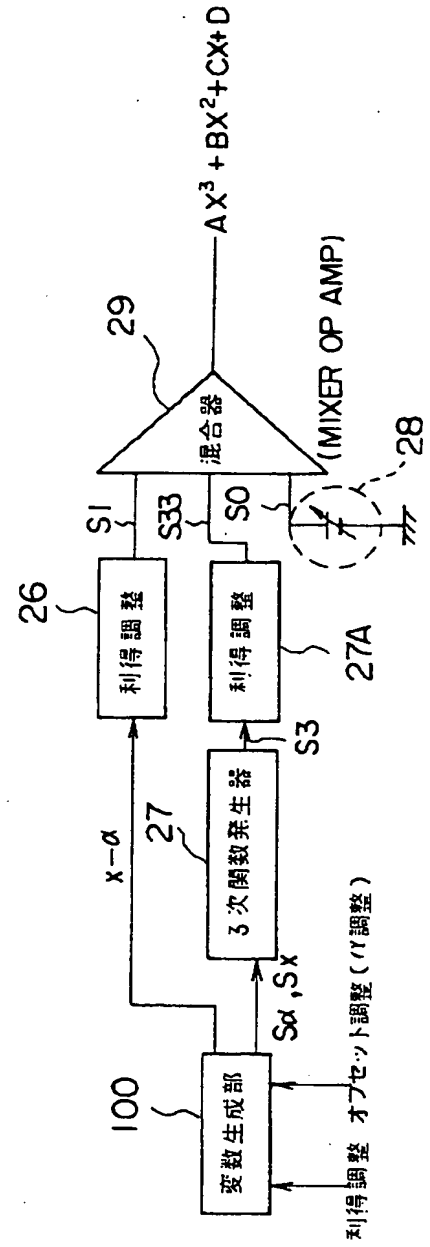
VA: 絶対温度比例電圧
V: 主関数 (VT) の中心点を定める電圧 (Vt)
VB: バンドギャップ電圧

IO1: 入力回路
IO2: 分圧回路
IO3: 主関数出力回路
IO4: 未知数出力回路
IO5, IO6: カレントミラー回路

【図 2】



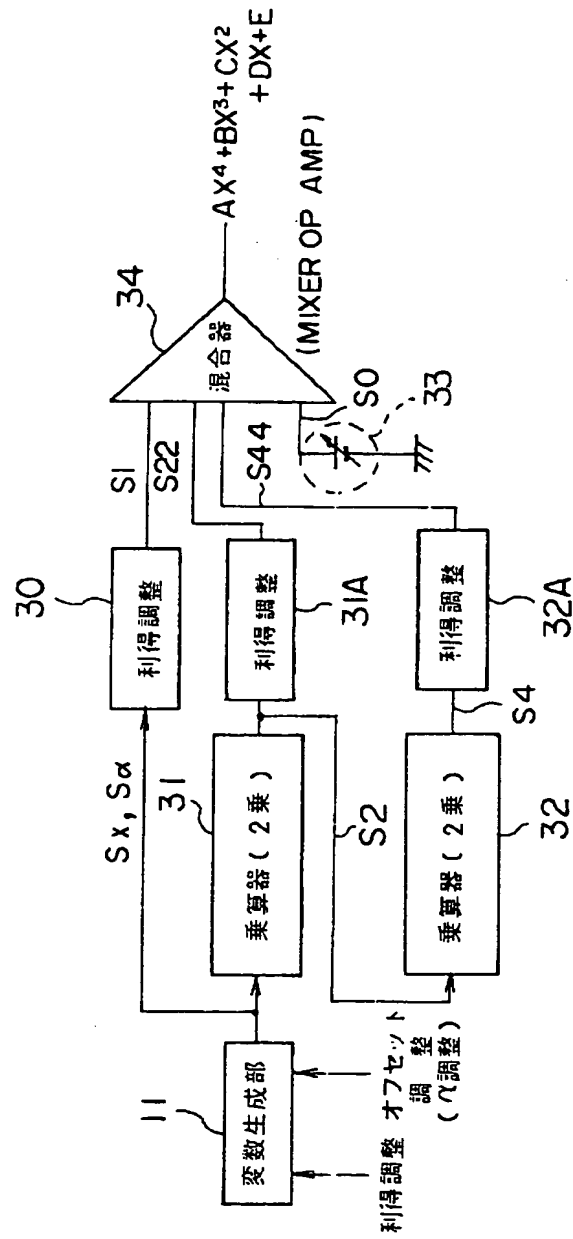
【図 4】



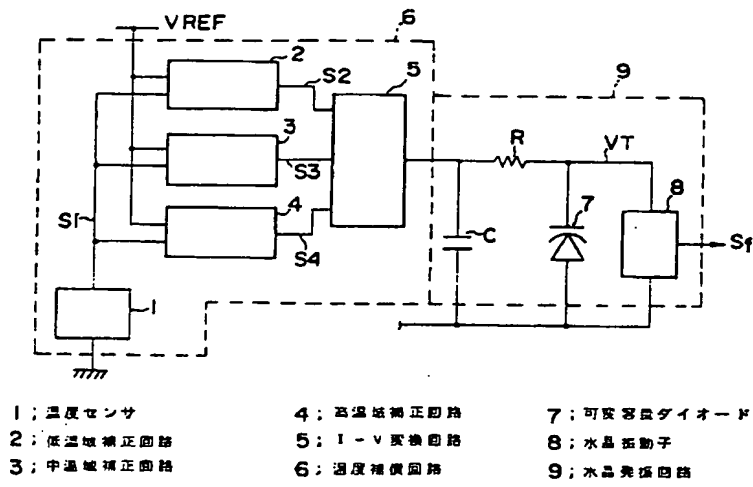
24; 定数生成部

SO:0 次信号

【図7】



【図9】



【図10】

